

С. М. Васильев, В. Иг. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

Цель: научно-техническое обоснование технологии внесения минеральных удобрений на фоне прецизионного орошения при возделывании озимой пшеницы в условиях юга России. **Материалы и методы.** Для оценки эффективности технологии прецизионного орошения в 2019 г. был проведен двухфакторный полевой опыт на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» на примере озимой пшеницы. Изучалось влияние различной обеспеченности минеральными удобрениями при различных технологиях орошения на продуктивность озимой пшеницы. **Результаты.** Установлены следующие технические характеристики: урожайность, суммарное водопотребление, оросительная норма и коэффициенты водного баланса по вариантам опыта. На основании технических характеристик выявлены эмпирические зависимости продуктивности озимой пшеницы от применяемых суммарных доз удобрений, используемых зональными системами земледелия, и при прецизионном орошении, а также эмпирическая зависимость динамики урожайности картофеля от суммы внесения доз минеральных удобрений и водопотребления при прецизионном орошении, описываемая уравнением поверхности. Установленная прибавка урожайности от удобрений в вариантах с прецизионным внесением удобрений (А2Б3 и А3Б3) составила 6,2 и 6,7 т/га (или 94,4 и 124,1 %), что выше на 1,2 и 1,5 т/га в сравнении с рекомендованным зональными системами земледелия (ЗСЗ) (А2Б2 и А3Б2) соответственно. Водопотребление озимой пшеницы в вариантах без орошения (А1Б1, А1Б2, А1Б3) колебалось от 3371 до 3525 м³/га, а в вариантах с технологией, рекомендованной ЗСЗ (А2Б1, А2Б2 и А2Б3), варьировалось от 5702 до 6162 м³/га и изменялось от 5639 до 6066 м³/га в вариантах опыта с прецизионным орошением (А3Б1, А3Б2 и А3Б3). **Выводы.** Проведенный анализ результатов полевых исследований позволил сделать вывод, что технология прецизионного внесения минеральных удобрений на фоне прецизионного орошения показала высокую эффективность.

Ключевые слова: прецизионное орошение; минеральные удобрения; дефицит естественного увлажнения; технология; озимая пшеница; юг России.

S. M. Vasilyev, V. Ig. Olgarenko, A. N. Babichev, V. A. Monastyrskiy
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

**WINTER WHEAT PRODUCTIVITY DEPENDING
ON MINERAL FERTILIZERS DOSES AT DIFFERENT
IRRIGATION TECHNOLOGIES UNDER
THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN RUSSIA**



Purpose: scientific and technical basis of the technology of applying mineral fertilizers against the background of precision irrigation during winter wheat cultivation in the south of Russia. **Materials and methods.** For assessing the precision irrigation technology efficiency in 2019, a two-factor field experiment was carried out at the fields of Biryuchekutskaya vegetable selection experimental station – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Vegetable Research Center” using the example of winter wheat. The influence of different mineral fertilizers availability at different irrigation technologies on winter wheat productivity was studied. **Results.** The following technical characteristics have been determined: yield, total water consumption, irrigation rate and water balance coefficients for the options of the experiment. On the basis of technical characteristics, empirical dependences of winter wheat productivity on the applied fertilizers total doses used by zonal farming systems and with precision irrigation, as well as the empirical dependence of the dynamics of potato productivity on the sum of the mineral fertilizers rate of application and water consumption during precision irrigation, described by the surface equation, were revealed. The specified yield increase due to fertilizers in variants with precision fertilization (A2B3 and A3B3) was 6.2 and 6.7 t/ha (or 94.4 and 124.1 %), which is 1.2 and 1.5 t/ha higher in comparison with the recommended climatic cropping pattern (CCP) (A2B2 and A3B2), respectively. Water consumption of winter wheat in variants without irrigation (A1B1, A1B2, A1B3) ranged from 3371 to 3525 m³/ha, and in variants with the technology recommended by CCP (A2B1, A2B2 and A2B3), varied from 5702 to 6162 m³/ha and varied from 5639 to 6066 m³/ha in variants of the experiment with precision irrigation (A3B1, A3B2 and A3B3). **Conclusions.** The analysis of the results of field studies made it possible to conclude that the technology of precision application of mineral fertilizers against the background of precision irrigation has shown high efficiency.

Key words: precision irrigation; mineral fertilizers; lack of natural moisture; technology; winter wheat; south of Russia.

Введение. В настоящее время широко разрабатываются и внедряются в сельскохозяйственное производство технологии точного прецизионного орошения [1–3]. Однако эти процессы, связанные с новыми технологиями, часто сопряжены с определенными проблемами [4, 5]. Например, активно используемая технология дистанционного зондирования Земли не может определять напрямую значения влажности почвы по всей длине вегетационного периода из-за нарастания растительного покрова [6, 7]. Соответственно, актуализируется использование методов математического и имитационного моделирования совместно с технологией дистанционного зондирования Земли, применение которых невозможно без серьезных научно-технических разработок [8].

Анализ данных показывает, что в условиях применения технологии прецизионного орошения особенно необходимо учитывать недостатки базового подхода к расчету поливной нормы и срока проведения поливов,

т. е. эксплуатационного режима орошения, с использованием приближенных физических единиц гидрометеорологического состояния агроландшафта, без учета конкретного состояния рассматриваемого орошаемого поля и планирования урожайности. Необходимо иметь не только фактические гидрометеорологические характеристики, но и региональные математические модели для определения технических характеристик эксплуатационных режимов орошения, что потенциально может изменить подход к эксплуатации оросительных систем в целом [9–12].

Следует также отметить, что все рассматриваемые вопросы, связанные с внедрением технологии прецизионного орошения, так или иначе направлены на повышение общего уровня системы сельского хозяйства. Соответственно, можно ожидать параллельного положительного эффекта от внедрения новой технологии. В результате будет возможно статистически обосновывать различные виды агротехнических приемов. Возможен широкий и обоснованный прогноз по различным техническим позициям орошаемого земледелия и создание общей информационной платформы с данными о водном фонде, наличии водных ресурсов и средств их регулирования, структуре земельных угодий и мелиорированных землях, в частности. В то же время для создаваемой в настоящий момент оросительной техники необходимо своевременное и аргументированное совершенствование ресурсосберегающих технологий [13, 14].

Таким образом, разработка общих функциональных моделей и (или) их компонентов имеет высокую актуальность для условий применения технологии прецизионного орошения в соответствии с вышеуказанной целью – научно-техническим обоснованием технологии внесения минеральных удобрений на фоне прецизионного орошения при возделывании озимой пшеницы в условиях юга России.

Материалы и методы. Программа исследований предусматривала проведение полевого опыта в трехкратной повторности с размещением

опытных делянок систематическим методом в 2019 г. Изучалось влияние прецизионного орошения при разных уровнях обеспеченности минеральными удобрениями на урожайность озимой пшеницы (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Фото опытных делянок
(автор фото В. А. Монастырский)**

Опыт двухфакторный. Фактор А – изучение элементов технологии орошения: первый вариант – без орошения, второй вариант – рекомендованная зональными системами земледелия (ЗСЗ), третий вариант – прецизионная технология. Фактор Б – изучение внесения доз минерального питания: первый вариант – без удобрений (К), второй вариант – дозы минеральных удобрений, рекомендованные ЗСЗ, третий вариант – дифференцированные дозы удобрений.

Агротехника сельскохозяйственных культур общепринятая для юга

России в условиях орошения. Опытный участок расположен в п. Ясном Багаевского района Ростовской области (Бирючекутская ОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО). Почвенный покров представлен черноземом обыкновенным среднемощным среднегумусным. Содержание в 1 кг почвы $N_{53}P_{15}K_{390}$. Полевым опытом не предусмотрен анализ качества урожая озимой пшеницы сорта Губернатор Дона при орошении, однако это существенный фактор, определяющий саму структуру урожайности, а следовательно и эффективность рассматриваемых мероприятий. Так, установлено, что вес 1000 зерен в вариантах с орошением составил от 42,8 до 43,3 г, натура зерна от 823 до 826 г/л, содержание сырой клейковины от 29,3 до 29,5 %, стекловидность от 64 до 68 %.

Территория опытного участка расположена в Центральной орошаемой зоне Ростовской области. Природно-климатическая характеристика территории обуславливается континентальным климатом с высокими температурами в вегетационный период. Сумма положительных температур за вегетационный период составляет 3200–3400 °С. Гидротермический коэффициент, рассчитанный по формулам Г. Т. Селянинова, составляет менее 0,7, коэффициент увлажнения территории по Н. Н. Иванову – 0,33–0,44.

Приборной основой для реализации технологии прецизионного орошения являлась гиперспектральная аппаратура (камеры).

Результаты и обсуждение. Анализ результатов, полученных после обработки данных при проведении исследований, позволил сделать выводы о непосредственном влиянии на урожайность озимой пшеницы применяемых различных технологий выращивания (рекомендованных ЗСЗ и прецизионной), на изменение ее оросительной нормы, суммарного водопотребления и коэффициент водопотребления. Результаты наблюдений приведены в таблицах 1 и 2.

Проанализировав данные таблицы 1, установили, что урожайность озимой пшеницы в вариантах без орошения (А1Б1, А1Б2, А1Б3) была

наименьшей и составляла от 2,5 до 4,3 т/га. В вариантах с поддержанием предполивной влажности 80 % НВ в слое 0,6 м (А2Б1, А2Б2, А3Б3) продуктивность озимой пшеницы равнялась 5,2–11,4 т/га, в вариантах с прецизионным орошением (А3Б1, А3Б2, А3Б3) урожайность озимой пшеницы была получена в размере от 5,4 до 12,1 т/га.

Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от различных элементов технологии возделывания

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка			
		от орошения		от удобрений	
		т/га	%	т/га	%
Без орошения					
А1Б1 – Без удобрений (К)	2,5	–	–	–	–
А1Б2 – N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	4,1	–	–	1,6	64,0
А1Б3 – N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	4,3	–	–	1,8	72,0
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ)					
А2Б1 – Без удобрений	5,2	2,7	108,0	–	–
А2Б2 – N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	10,2	6,1	148,8	5,0	96,2
А2Б3 – N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	11,4	7,1	165,1	6,2	119,2
Прецизионное орошение					
А3Б1 – Без удобрений	5,4	2,9	116,0	–	–
А3Б2 – N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	10,5	6,4	156,1	5,1	94,4
А3Б3 – N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	12,1	7,8	181,4	6,7	124,1
НСР ₀₅ , т/га	2,43				

Таблица 2 – Водопотребление озимой пшеницы в зависимости от технологии орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями

Вариант опыта	Суммарное водопотребление, м ³ /га	В том числе оросительная норма, м ³ /га	Расход оросительной воды на 1 т урожая, м ³ /т	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
1	2	3	4	5
Без орошения				
А1Б1 – Без удобрений (К)	3371	–	–	1348,4
А1Б2 – N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	3467	–	–	845,6
А1Б3 – N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	3525	–	–	819,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ)				
А2Б1 – Без удобрений	5702	2400	461,5	1096,5
А2Б2 – N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	6162	2400	235,3	604,1
А2Б3 – N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	6156	2400	210,5	540,0
Прецизионное орошение				
А3Б1 – Без удобрений	5639	2328	461,1	1044,3
А3Б2 – N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	6066	2328	221,7	577,7
А3Б3 – N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	6031	2328	192,4	498,4

Проанализировав данные таблицы 1, установили, что урожайность озимой пшеницы в вариантах без орошения (А1Б1, А1Б2, А1Б3) была наименьшей и составляла от 2,5 до 4,3 т/га. В вариантах с поддержанием предполивной влажности 80 % НВ в слое 0,6 м (А2Б1, А2Б2, А3Б3) продуктивность озимой пшеницы равнялась 5,2–11,4 т/га, в вариантах с прецизионным орошением (А3Б1, А3Б2, А3Б3) урожайность озимой пшеницы была получена в размере от 5,4 до 12,1 т/га.

Урожайность озимой пшеницы в вариантах с прецизионным орошением (А3Б1, А3Б2 и А3Б3) на 2,9; 6,4; 7,8 т/га (или 116,0; 156,1 и 181,4 %) выше урожайности в вариантах без орошения (А1Б1, А1Б2 и А1Б3) и выше на 0,2; 0,3 и 0,7 т/га в сравнении с рекомендованным ЗСЗ вариантом орошения (А2Б1, А2Б2 и А2Б3). При сочетании прецизионного орошения с прецизионным внесением удобрений (вариант А3Б3) прибавка урожая составила 6,7 т/га (или 124,1 %), а при прецизионном внесении удобрений в варианте с орошением, рекомендованным ЗСЗ (А2Б3), – 6,2 т/га (или 119,2 %).

Проведенные исследования позволили установить эмпирическую зависимость динамики урожайности озимой пшеницы от внесения различных доз минеральных удобрений при технологии, рекомендованной ЗСЗ, и при прецизионном орошении (рисунок 2):

$$Y = 5,3828 \cdot e^{0,0024 \cdot \sum NPK}, R^2 = 0,97,$$

$$Y = 5,5888 \cdot e^{0,0027 \cdot \sum \text{NPK}}, R^2 = 0,97,$$

где Y – урожайность, т/га;

$\sum \text{NPK}$ – суммарная доза удобрений, кг д. в./га.

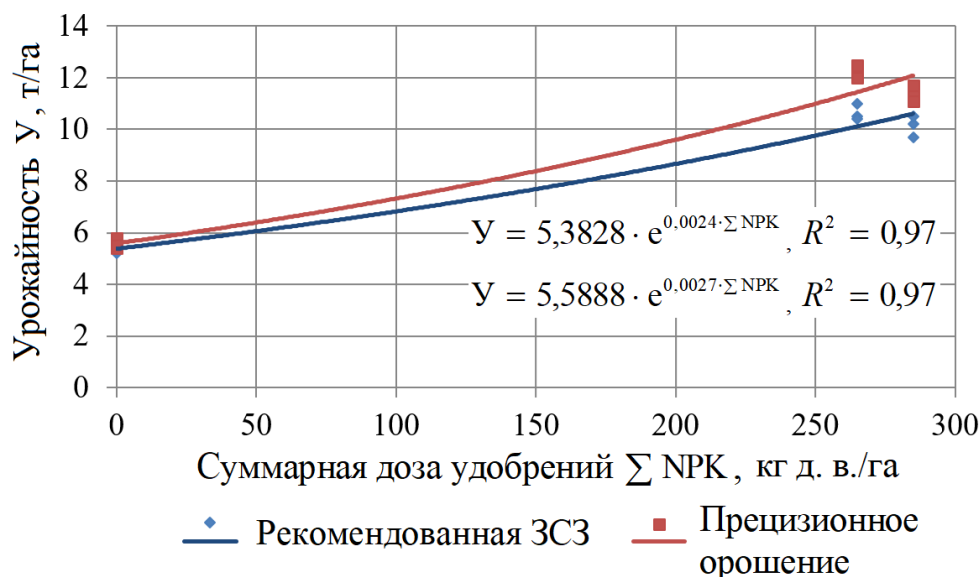


Рисунок 2 – Изменение урожайности озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений и условий орошения

Проанализировав данные с опытных участков, видим, что при поддержании режима орошения 80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованного ЗСЗ) расход оросительной воды на 1 т урожая в варианте без удобрений (А2Б1) имел величину 461,5 м³/т. При внесении дозы минеральных удобрений N₁₈₀P₆₅K₄₀, рекомендованной ЗСЗ (А2Б2), расход оросительной воды на 1 т урожая 235,3 м³/т. Уменьшение внесения дозы азотных удобрений на 20 кг/га от приведенного способствовало снижению коэффициента использования оросительной воды почти на 25 м³/т. Подобная динамика расхода оросительной воды на 1 т урожая при выращивании озимой пшеницы просматривается в варианте опыта с использованием прецизионного орошения. Так, при внесении N₁₈₀P₆₅K₄₀ коэффициент составляет 221,7 м³/т (А3Б2), при N₁₆₀P₆₅K₄₀ уменьшился до 192,4 м³/т (А3Б3). В варианте без удобрений – 461,1 м³/т (А3Б1). Наиболее экономно вода расходовалась в варианте опыта с прецизионным внесением минеральных удобрений и при использовании технологий прецизионного орошения (А3Б3), что подтверждается

наименьшим коэффициентом водопотребления, который составил в данном варианте опыта 498,4 м³/т. В вариантах опыта, в которых не вносились минеральные удобрения (А1Б1, А2Б1 и А3Б1), коэффициент водопотребления был наибольшим и варьировал от 1044,3 до 1348,4 м³/т.

Проведенные исследования позволили установить эмпирическую зависимость динамики урожайности озимой пшеницы от суммы внесения доз минеральных удобрений и водопотребления при прецизионном орошении (рисунок 3), описывающуюся уравнением поверхности:

$$Y = 27,61 + 0,0001 \cdot \sum NPK - 0,6 \cdot ET + 0,4 \cdot 10^{-5} \cdot (\sum NPK)^2 - 0,0000985 \cdot ET \cdot \sum NPK + 0,001 \cdot ET^2,$$

где Y – урожайность, т/га;

$\sum NPK$ – суммарная доза удобрений, кг д. в./га;

ET – суммарное водопотребление, мм.

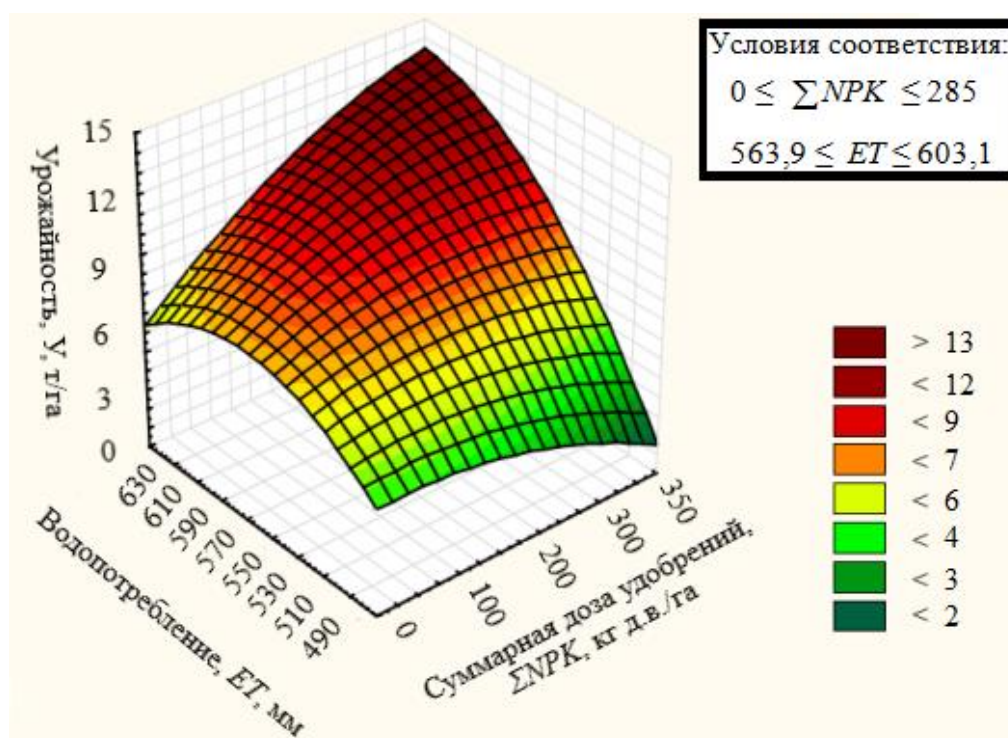


Рисунок 3 – Динамика урожайности озимой пшеницы в зависимости от суммы внесения доз минеральных удобрений и водопотребления при прецизионном орошении

Выводы. Наилучшие показатели по урожайности (12,1 т/га) и коэффициентам водного баланса (192,4 и 498,4 м³/га соответственно) представ-

лены в варианте с применением технологии дифференцированного внесения минеральных удобрений при прецизионном орошении, что доказывает эффективность применения данной технологии в условиях юга России. Результаты исследований будут использованы при разработке моделей расчета и прогноза природопользования орошаемой поймы Нижнего Дона.

Проведенные исследования озимой пшеницы позволяют сделать вывод, что использование технологий прецизионного орошения и прецизионного внесения минеральных удобрений позволит сэкономить водные и материальные ресурсы при одновременном повышении урожайности.

Список использованных источников

1 Опыт применения технологии прецизионного орошения в Ростовской области / А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко, В. А. Монастырский, Д. П. Сидаренко // Технологии и технологические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 4(101). – С. 75–86.

2 Михайленко, И. М. Математическое моделирование и управление состоянием посевов по данным дистанционного зондирования / И. М. Михайленко, В. Н. Тимошина // Агрофизика. – 2016. – № 2. – С. 45–53.

3 Якушев, В. П. Роль и задачи точного земледелия в реализации национальной технологической инициативы / В. П. Якушев, В. В. Якушев, Д. А. Матвеев // Агрофизика. – 2017. – № 1. – С. 51–65.

4 Ольгаренко, В. И. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 8–11.

5 Ольгаренко, И. В. Методология функционирования экологически сбалансированных оросительных систем / И. В. Ольгаренко // Труды КубГАУ. – 2010. – № 6(27). – С. 181–186.

6 Бородычев, В. В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 8–11.

7 Ольгаренко, В. Иг. Нормирование режимов орошения картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / В. Иг. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. – 2016. – С. 362–366.

8 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

9 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=729>.

10 Корсак, В. В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, Н. Н. Насыров // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 18–24.

11 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=285>.

12 Докучаева, Л. М. Оценка почвообразовательных процессов длительно орошаемых пресной водой черноземов обыкновенных / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 1(25). – С. 66–80. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=458&id=463>.

13 Shanmugam, M. Grid-based model for estimating evapotranspiration rates of heterogeneous land surface / M. Shanmugam, M. Mekonnen, C. Ray // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2020. – 146(1). – 04019030. – DOI: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001436.

14 Exploring the potential of temperature-based methods for regionalization of daily reference evapotranspiration in two Spanish regions / A. Senatore, C. Parrello, J. Almorox, G. Mendicino // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2020. – 146(3). – 05020001. – DOI: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001447.

References

1 Babichev A.N., Olgarenko V.Ig., Monastyrsky V.A., Sidarenko D.P., 2019. *Opyt primeneniya tekhnologii pretsizionnogo orosheniya v Rostovskoy oblasti* [Experience in the application of precision irrigation technology in Rostov region]. *Tekhnologii i tekhnologicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and Technological Means of Mechanized Production of Crop and Live-stock Products], no. 4(101), pp. 75-86. (In Russian).

2 Mikhailenko I.M., Timoshin V.N., 2016. *Matematicheskoe modelirovanie i upravlenie sostoyaniem posevov po dannym distantsionnogo zondirovaniya* [Mathematic modelling and control of crops according to remote sensing data]. *Agrofizika* [Agrarian Physics], no. 2, pp. 45-53. (In Russian).

3 Yakushev V.P., Yakushev V.V., Matveenko D.A., 2017. *Rol' i zadachi tochnogo zemledeliya v realizatsii natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy* [The role and tasks of precision farming in the implementation of the national technological initiative]. *Agrofizika* [Agrarian Physics], no. 1, pp. 51-65. (In Russian).

4 Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., 2013. *Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem* [Comprehensive assessment of the irrigation systems technical level]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 8-11. (In Russian).

5 Olgarenko I.V., 2010. *Metodologiya funktsionirovaniya ekologicheski sbalansirovannykh orositel'nykh sistem* [Ecologically balanced irrigation systems operation methods]. *Trudy KubGAU* [Proc. of KubSAU], no. 6(27), pp. 181-186. (In Russian).

6 Borodychev V.V., Lytov M.N., 2015. *Algoritm resheniya zadach upravleniya vodnym rezhimom pochvy pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [An algorithm for solving problems of controlling soil water regime during crop irrigation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 1, pp. 8-11. (In Russian).

7 Olgarenko V.Ig., 2016. *Normirovanie rezhimov orosheniya kartofelya v usloviyakh poymy Nizhnego Dona* [Rationing of irrigation regimes of potatoes in the conditions of the Lower Don floodplain]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: problemy i puti resheniya*: [Irrigation and Water Management: Problems and Ways of Solutions], pp. 362-366. (In Russian).

8 Vasiliev S.M., Mityaeva L.A., 2017. [Irrigated agrolandscape monitoring taking into account the remote sensing data calibration under geoinformation technologies]. *Nauchnyy*

zhurnal KubGAU: politematicheskiiy setevoy elektronnyy zhurnal, no. 131, pp. 216-231, available: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>. (In Russian).

9 Shchedrin V.N., Balakai G.T., 2014. [The state and prospects for the development of land reclamation in the south of Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(15), pp. 1-15, available: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=729>. (In Russian).

10 Korsak V.V., Pron'ko N.A., Nasyrov N.N., 2014. *Primenenie GIS-analiza dlya otsenki prirodnykh usloviy polivnogo zemledeliya* [Application of GIS analysis for assessing the natural conditions of irrigated agriculture]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], no. 2, pp. 18-24. (In Russian).

11 Babichev A.N., Balakai G.T., Monastyrsky V.A., 2017. [Irrigation regimes real time control in crop yield productivity programming]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(27), pp. 83-96, available: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=285>. (In Russian).

12 Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2017. [Evaluation of soil-forming process of ordinary chernozem irrigated long-term with fresh water]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(25), pp. 66-80, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=458&id=463>. (In Russian).

13 Shanmugam M., Mekonnen M., Ray C., 2020. Grid-based model for estimating evapotranspiration rates of heterogeneous land surface. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146(1), 04019030, DOI: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001436.

14 Senatore A., Parrello C., Almorox J., Mendicino G., 2020. Exploring the potential of temperature-based methods for regionalization of daily reference evapotranspiration in two Spanish regions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146(3), 05020001, DOI: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001447.

Васильев Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: первый заместитель директора

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Vasilyev Sergey Mikhaylovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: First Deputy Director

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Ольгаренко Владимир Игоревич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: olgarenko_vi@mail.ru

Olgarenko Vladimir Igorevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: olgarenko_vi@mail.ru

Бабичев Александр Николаевич

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Babichev Aleksandr Nikolayevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Монастырский Валерий Алексеевич

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Monastyrskiy Valeriy Alekseyevich

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.05.2020

После доработки 09.07.2020

Принята к публикации 10.08.2020